

DE19534415

**Patent number:** DE19534415  
**Publication date:** 1997-03-20  
**Inventor:** PIAGET ALAIN (CH)  
**Applicant:** PIAGET ALAIN (CH)  
**Classification:**  
 - international: G01B11/06; G01B11/25; G01B11/06; G01B11/24; (IPC1-7): G01C11/26; G01B11/00; G01C1/04; G01D5/38  
 - european: G01B11/06; G01B11/25T  
**Application number:** DE19951034415 19950916  
**Priority number(s):** DE19951034415 19950916

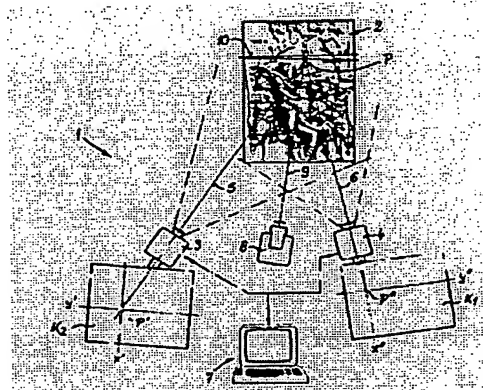
Also published as:

WO9710488 (A1)

Report a data error here

## Abstract of DE19534415

A process and a measuring device may be used to detect and measure three-dimensional bodies or any surfaces. For example, two video cameras (3, 4) are used which see roughly the same image section containing the object (2) to be measured. A light track (10) visible by the cameras or a marking track is then generated on the surface of the object (2) to be measured and broken down with the aid of the video cameras (3, 4) into a plurality of time-sequence measuring points (P). Their spatial position is then calculated and evaluated by means of image recognition using known reference values available from a space calibration.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 195 34 415 A 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
G 01 C 11/26  
G 01 B 11/00  
G 01 C 1/04  
G 01 D 5/38

21 Aktenzeichen: 195 34 415.4  
22 Anmeldetag: 18. 9. 95  
43 Offenlegungstag: 20. 3. 97

DE 195 34 415 A 1

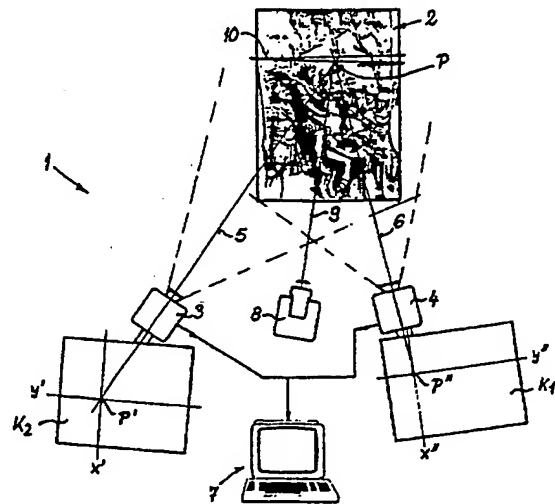
71 Anmelder:  
Piaget, Alain, Schwanden, CH

74 Vertreter:  
Patent- und Rechtsanwaltssozietät Schmitt,  
Maucher & Börjes-Pestalozza, 79102 Freiburg

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

54 Verfahren und Vorrichtung zum Erfassen und Vermessen dreidimensionaler Körper oder von beliebigen Flächen

57 Ein Verfahren und eine Meßvorrichtung dienen zum Erfassen und Vermessen dreidimensionaler Körper oder von beliebigen Flächen. Beispielsweise werden zwei Videokameras (3, 4) verwendet, die ungefähr den gleichen Bildausschnitt, in dem sich das Meßobjekt (2) befindet, sehen. Auf der Oberfläche des Meßobjektes (2) wird dann eine für die Kameras sichtbare Lichtspur (10) oder Markierspur erzeugt und mit Hilfe der Videokameras (3, 4) wird die Licht- oder Markierspur in eine Vielzahl von zeitlich aufeinanderfolgenden Meßpunkten (P) zerlegt. Deren räumliche Lage wird dann unter Verwendung von bekannten Bezugsgrößen, die aus einer Raumkalibration zur Verfügung stehen, jeweils mittels Bilderkennung berechnet und ausgewertet.



DE 195 34 415 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Erfassen und Vermessen dreidimensionaler Körper oder von beliebigen Flächen, wobei mittels wenigstens einer Kamera von unterschiedlichen Positionen aus zweidimensionale Bilder der zu vermessenden Oberfläche eines Körpers oder dergleichen Gegenstandes abgebildet werden und im Blickfeld der Flächenbilder befindliche Bezugspunkte ermittelt und abgespeichert werden.

Zum Erfassen und Vermessen dreidimensionaler Körper und dergleichen ist es bereits bekannt, mit Hilfe der Photogrammetrie durch Zuordnung korrespondierender Punkte von Meßbildern eine räumliche Rekonstruktion des zu erfassenden Objektes zu ermöglichen. Nachteilig ist hierbei, daß die Auswertung der Bilder trotz Computerunterstützung sehr aufwendig und mit hohen Kosten verbunden ist und immer noch einen erheblichen Anteil an manueller Arbeit beinhaltet. Insbesondere bei einer hohen geforderten Auflösung, d. h. einer Bearbeitung einer Vielzahl von Objektpunkten ist ein sehr hoher Kosten- und Zeitaufwand erforderlich.

Die Photogrammetrie wird insbesondere zur Vermessung von Geländeausschnitten und anderen, größeren Objekten eingesetzt.

Zur Vermessung kleinerer Objekte ist es auch bekannt, mechanisch geführte Berührungssensoren (Taster) einzusetzen, deren Einsatzbereich aber sehr beschränkt ist.

Schließlich ist auch das Moiré-Verfahren bekannt, bei dem ein Lichtgitter auf die zu vermessende Fläche des Gegenstandes projiziert wird und aus der Deformation des Lichtgitters durch die Oberflächenkontur der zu vermessenden Fläche, wird die tatsächliche, geometrische Form der Fläche errechnet. Dieses Verfahren ist kompliziert und stößt bezüglich der Genauigkeit rasch an Grenzen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, womit ein berührungsloser, automatischer Meßablauf möglich ist und beliebig geformte Flächen oder Körper dreidimensional exakt vermessen werden können. Dabei soll auch eine hochgenaue Auflösung möglich sein, ohne daß dadurch der Bearbeitungsaufwand wesentlich erhöht wird.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird bezüglich des Verfahrens vorgeschlagen, daß auf der Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes eine für die Kamera sichtbare Lichtspur oder Markierspur erzeugt wird und daß mittels wenigstens einer Videokamera die Licht- oder Markierspur in eine Vielzahl von zeitlich aufeinanderfolgenden Meßpunkten zerlegt wird, deren räumliche Lage unter Verwendung der bekannten Bezugsgrößen jeweils mittels Bilderkennung berechnet und ausgewertet werden.

Wesentlich ist hierbei, daß durch die Videokamera eine dynamische Erfassung der einzelnen Meßpunkte vorhanden ist und durch die Bewegungsgeschwindigkeit der Lichtspur bzw. des zur Erzeugung bewegten Lichtpunktes und der Bildfolgefrequenz der Videokamera die Anzahl der Meßpunkte definiert ist. Mittels der Lichtspur oder dergleichen wird das zu vermessende Objekt abgefahren, wobei dies zum Beispiel zeilenförmig erfolgen kann. Entsprechend der Bildfolgefrequenz der Videokamera werden innerhalb der Lichtspur in zeitlichen Abständen von zum Beispiel einer fünfzigstel Sekunde Meßpunkte gebildet und bei Verwendung von zwei zueinander beabstandeten Videokameras aus den beiden

Meßpunktabbildungen die Raumkoordinaten des jeweiligen Meßpunktes unter Verwendung der bekannten Raumkoordinaten von Bezugspunkten aus einer Raumkalibration, errechnet.

Da die Auswertung mit Hilfe eines an sich bekannten Bilderkennungsverfahrens und eines Rechenalgorithmus erfolgt, kann diese Auswertung mit einem Rechner automatisch ablaufen. Dadurch ist problemlos die Verarbeitung von großen Datenmengen möglich, so daß für sehr hohe Abbildungsgenauigkeiten eine entsprechend hohe Anzahl von Meßpunkten zur Verfügung gestellt werden kann. Beispielsweise lassen sich ohne weiteres die Koordinaten aus 2000 Meßpunkten pro Sekunde berechnen und verarbeiten. Die Meßpunktdichte kann beliebig wählbar sein.

Es sind somit einerseits der Zeitaufwand für die Auswertung und andererseits auch der Kostenaufwand gegenüber den bisherigen Verfahren, insbesondere der Photogrammetrie erheblich reduziert. Der Meßvorgang ist somit berührungslos, automatisch ablaufend, einfach und rationell, hochflexibel und mit der Option der beliebigen Meßpunktdichte.

Das Ermitteln der Lage der Bezugspunkte und damit die Kalibration des Raumes, in dem sich das zu vermessende Objekt befindet, kann vor, während oder nach dem Meßvorgang erfolgen. Aus der Lage der Bezugspunkte und den Koordinaten der jeweiligen Meßpunktabbildungen lassen sich die Raumkoordinaten des jeweiligen Meßpunktes exakt berechnen.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung kann die Lichtspur mittels einer Lichtquelle, vzw. mittels wenigstens eines Lasers erzeugt werden und der oder die Lichtstrahlen können hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaft, insbesondere bezüglich der Wellenlänge, der Intensität und dergleichen variabel sein.

Während des Abfahrens des Meßobjektes besteht dadurch die Möglichkeit, bei kontrastarmer Darstellung des Lichtpunktes auf dem Meßobjekt, beispielsweise durch Gleichfarbigkeit, die Wellenlänge der Lichtquelle zu ändern.

Zur Raumkalibration und zur Bildung der Kalibrationspunkte kann ein Kalibrationsgitter mit wenigstens sechs einander fest zugeordneten Kalibrationspunkten verwendet werden.

Durch diese sechs nichtplanaren und in ihrer Lage bekannten Bezugspunkte und durch das Erfassen der Bezugspunkte als Punktabbildungen bei den beiden Videokameras werden nicht nur die Kamera-Standorte, sondern auch jeder weitere identifizierbare Punkt im Raum, also auch die Meßpunkte aus der Lichtspur, mit ihren Raumkoordinaten berechenbar.

Bevorzugt ist vorgesehen, daß zur Raumkalibration und zur Bildung der Kalibrationspunkte mittels einer Optik systematisch Verzerrungen erzeugt werden und daß dann aus den bekannten optischen Parametern die Raumkoordinaten der Kalibrationspunkte errechnet werden.

Dadurch kann die Raumkalibration schneller, rationeller und auch besser vorgenommen werden. Auch besteht dadurch die Möglichkeit, laufend die Raumkalibration zu aktualisieren.

Nach einer Ausgestaltung können zur Raumkalibration und zur Bildung der Kalibrationspunkte Lichtpunkte innerhalb des Blickfeldes der Flächenbilder projiziert werden, vorzugsweise aus der für die Lichtspur vorgesehenen Lichtquelle. Dies kann beispielsweise durch ein Spiegelsystem erfolgen. Der apparative Aufwand ist dadurch reduziert.

Eine laufende, im Extremfall permanente, stetige Raumkalibration ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn die Videokameras schwenkbar sind oder die Objektvermessung von einem oder mehreren Flugkörpern aus durchgeführt wird oder aber bei der fort laufenden Aufnahme zum Beispiel des Straßenprofils, also überall dort, wo sich die Raumkoordinaten der Videokamera(s) ändern.

Im Falle von Luftaufnahmen ist es zur absoluten Orientierung vorteilhaft, definierte Bodenmarken und/oder ein GPS-System einzubeziehen.

Bevorzugt ist vorgesehen, daß auf die Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes die Lichtspur vorzugsweise mittels eines Lasers projiziert wird. Eine solche Laser-Lichtprojektion ergibt sehr kleinflächige Meßpunktabbildungen auf dem zu erfassenden Gegenstand und damit eine hohe Meßgenauigkeit.

In speziellen Fällen kann der Mittelpunkt der Meßpunktabbildung auch rechnerisch ermittelt werden. Dies ist dann vorteilhaft, wenn durch Verwendung einer etwas weiter streuenden Lichtquelle oder aber, wenn ein großer Abstand zwischen Projektionslichtquelle und Objekt vorhanden ist, eine großflächigere Meßpunktabbildung vorhanden ist. Auch beim Vermessen von Oberflächen mit extremen Profilierungsabschnitten können starke Verzerrungen der Meßpunktabbildungen auftreten, so daß auch hier das jeweilige Ermitteln des Mittelpunktes der Abbildung zur Meßgenauigkeit beiträgt. Solche Korrekturberechnungen können ohne weiteres neben dem eigentlichen Meßablauf und praktisch ohne Beeinflussung von diesem durchgeführt werden.

Anstatt eines projizierten Lichtpunktes zur Erzeugung der Lichtspur kann nach einem Vorschlag der Erfindung auf der Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes die Lichtspur mittels wenigstens einer an der Oberfläche entlang bewegten Punktlichtquelle erzeugt werden. Dies kann beispielsweise bei Geländevermessungen eingesetzt werden, wo dann die Lichtquelle zum Beispiel in Verbindung mit einem Fahrzeug auf dem Gelände geführt wird. Der vertikale Abstand des Lichtes zum Boden wird im Rechenprogramm für die Erhaltung der definitiven Werte abgezogen.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß zur Bildung einer Licht- oder Markierspur ein gegenständlicher, sichtbarer Punkt, der sich optisch von der Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes oder dergleichen unterscheidet, an der Oberfläche dieses zu erfassenden Gegenstandes entlang bewegt wird.

Es ist also nicht unbedingt ein "wandernder" Lichtpunkt zur Erzeugung einer Lichtspur erforderlich, sondern es kann auch ein anderer, erkennbarer bzw. unterscheidbarer Punkt oder Gegenstand sein, der sich auf der Oberfläche des zu vermessenden Objektes bewegt, und damit praktisch eine Markierspur bildet.

Auch kann zum Beispiel für die Erfassung von reflektierenden Flächen ein "Negativpunkt" verwendet werden, d. h. die Umgebung wird beleuchtet und der zu vermessende Punkt als Meßpunkt bleibt ausgespart.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung können auch mehrere Licht- oder Punktspuren gleichzeitig auf dem zu erfassenden Gegenstand oder dergleichen erzeugt werden und es kann gegebenenfalls deren Anzahl und/oder deren Konfiguration in Funktion der Zeit variiert werden.

Der Meßablauf kann dadurch einerseits beschleunigt werden und es besteht außerdem die Möglichkeit, daß durch eine bekannte Konfiguration mehrerer Meßpunkte das verwendete Rechenprogramm beispielsweise

se bei Felswänden oder dergleichen zu vermessenden Objekten das Vorhandensein zum Beispiel von Spalten problemlos erkannt werden können.

Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Vorrichtung zum Vermessen und Erfassen der Oberfläche eines Körpers oder dergleichen Gegenstandes mittels wenigstens einer Kamera. Diese Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zum Projizieren oder Erzeugen wenigstens eines Lichtpunktes oder zum Erzeugen wenigstens eines markanten Punktes auf der Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes und zum Bewegen dieses Lichtpunktes oder des markanten Punktes zur Erzeugung einer Lichtspur oder Markierspur vorgesehen ist, daß wenigstens eine Videokamera zum Zerlegen der Licht- oder Markierspur in eine Vielzahl von zeitlich aufeinanderfolgenden Meßpunkten vorgesehen ist und daß die Videokamera(s) mit einer Bildauswerteinrichtung zur Auswertung und Berechnung der Raumkoordinaten der erzeugten Meßpunkte auf der Oberfläche des erfassenden Gegenstandes verbunden sind.

Wie bereits in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben, wird innerhalb einer Aufnahmeabfolge der Videokamera(s) die sich ändernde Lage des auf oder bei der Oberfläche des Meßobjektes bewegten, markanten Punktes zur Bildung einer zeitlichen Reihenfolge von Meßpunkten verwendet und deren jeweilige dreidimensionale Position errechnet. Dabei werden die bekannten Koordinaten von Bezugspunkten aus einer Raumkalibration zu Hilfe genommen.

Die Verarbeitung der von der oder den Videokameras gelieferten Bilder kann über einen Computer, insbesondere einen PC erfolgen, so daß der apparative Aufwand im Vergleich zum erzielten Ergebnis gering ist. Es können mit der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung sehr viele Meßpunkte in sehr kurzer Zeit berechnet werden, so daß eine hohen Meßgenauigkeit bzw. auch eine kurze Bearbeitungszeit möglich ist.

Bevorzugt weist die Vorrichtung wenigstens zwei zueinander beabstandete Videokameras auf, wobei beide Videokameras mit der Bildauswerteinrichtung verbunden sind.

Dadurch können die erforderlichen Daten in einem Durchlauf der Licht- oder Markierspur über die Fläche des Meßobjektes erfaßt werden. Bedarfsweise lassen sich auch mehr als zwei Kameras zur Erzielung einer Verbesserung der Genauigkeit oder bei Problemstellungen mit eingeschränkter Sicht einsetzen.

Weiterhin kann die Vorrichtung wenigstens eine Videokamera und einen Theodoliten oder dergleichen Richtungsmesser aufweisen, wobei die Videokamera(s) mit einer Bildauswerteinrichtung verbunden ist.

Durch Verwendung eines Theodoliten oder eines anderen winkelregistrierenden Gerätes können Positionsdaten der Meßpunkte aufgenommen und zur Auswertung herangezogen werden. Außerdem ist bei Verwendung eines Theodoliten eine Reduktion auf eine Videokamera besonders einfach möglich.

Es kann aber auch eine Kamera allein verwendet werden, wobei die notwendige Zuordnung der erzeugten Meßpunkte auf der zu erfassenden Fläche unter anderem entweder durch Repetition des Abfahrens oder durch eine Zuordnung mittels stochastischen Verfahren erfolgt.

Zusätzliche Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Unteransprüchen aufgeführt. Nachstehend ist die Erfindung mit ihren wesentlichen Einzelheiten anhand der Zeichnung noch näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt:  
eine schematische Darstellung einer Vermessungs-  
Vorrichtung zum dreidimensionalen Erfassen der Ober-  
fläche eines Meßobjektes.

In der Zeichnung ist eine schematische Darstellung  
einer Meßvorrichtung 1 wiedergegeben, mit der dreidi-  
mensionale Körper oder beliebige Flächen, im Ausführ-  
ungsbeispiel ein Relief als Meßobjekt 2 vermessen  
werden können.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Meßvor-  
richtung 1 zwei Videokameras 3 und 4 auf, die so ange-  
ordnet sind, daß sie ungefähr den gleichen Bildaus-  
schnitt sehen, wobei die Bildausschnitte  $K_1$  und  $K_2$  sym-  
bolisch den beiden Videokameras 3 und 4 zugeordnet  
sind. Die beiden Videokameras 3 und 4 können so ange-  
ordnet sein, daß ihre Projektionsachsen 5 und 6 zwi-  
schen etwa 30 Grad bis etwa 150 Grad zueinander ste-  
hen. Die beiden Videokameras sind zur Auswertung der  
aufgenommenen Bilder mit einem PC 7 verbunden.  
Schließlich erkennt man noch eine Einrichtung 8 mit der  
ein gebündelter Lichtstrahl 9 erzeugt und damit auf dem  
Meßobjekt ein Lichtpunkt P projiziert werden kann.

Der Lichtstrahl 9 ist mit Hilfe der Einrichtung 8 über  
das zu erfassende Meßobjekt 2 bewegbar, wobei eine  
Lichtspur 10 erzeugt wird. Durch die Bildfolge der Vi-  
deokameras 3 und 4 wird diese Lichtspur 10 in eine  
Vielzahl von zeitlich aufeinanderfolgenden Meßpunk-  
ten zerlegt, von denen einer zur Darstellung des Funk-  
tionsprinzips als Lichtpunkt P dargestellt ist.

Der mit dem Lichtstrahl 9 projizierte Punkt fährt die  
ganze, von den beiden Kameras 3 und 4 zu sehende  
Fläche des Meßobjektes 2 ab.

Im betrachteten Zeitpunkt besitzt der Lichtpunkt  
oder Meßpunkt P die Raumkoordinaten  $x, y, z$  und dem-  
entsprechend als Abbildung  $P'$  und  $P''$  auf den Kamera-  
bildern  $K_1$  und  $K_2$  die Abbildungskoordinaten  $x', y'$  auf  
 $K_1$  und  $x''$  und  $y''$  auf  $K_2$ .

Zusätzlich stehen noch Raumbezugspunkte aus einer  
Raumkalibration zur Verfügung. Aus diesen Kenngrö-  
ßen sowie den Abbildungskoordinaten des Meßpunktes  
P auf den Kamerabildern  $K_1$  und  $K_2$ , lassen sich die  
Raumkoordinaten  $x, y, z$  des gerade zu vermessenden  
Punktes P berechnen.

Wird mit dem Lichtstrahl 9 das Meßobjekt 2 abge-  
scannt und gleichzeitig dabei mit den Videokameras 3  
und 4 eine Bildfolge des sich über das Meßobjekt 2  
bewegenden Projektions-Lichtpunktes P erstellt, so  
können für alle zeitlich aufeinanderfolgenden Meß-  
punkte P die Raumkoordinaten berechnet und damit  
das Meßobjekt 2 dreidimensional im Rechner abgespei-  
chert werden.

Die aus der Messung als Rohprodukt erhaltene  
"Punktwolke" an Meßdaten kann vielfältig weiterver-  
wendet werden. So ist eine Umwandlung in Höhenlinien  
und Darstellungsalgorithmen aller Art zur Visualisie-  
rung für das menschliche Auge oder zur technischen  
Weiterverarbeitung in Industrie und Fertigung möglich.

Zur Raumkalibration und zur Bildung von Kalibra-  
tionspunkten kann im einfachsten Falle ein "mechani-  
sches Kalibrationsgitter" in den gemeinsamen Bildaus-  
schnitt beider Videokameras gestellt werden. Dieses  
Kalibrationsgitter besitzt wenigstens sechs nichtplanare  
und in ihrer Lage zueinander bekannte, beispielsweise  
durch Kugeln gebildete Punkte. Durch das Erfassen die-  
ser sechs Punkte in den Kamerabildern  $K'$  und  $K''$  wer-  
den sowohl die Kamerastandorte als auch jeder weitere  
identifizierbare Punkt im Raum mit seinen Raumkoor-  
dinaten berechenbar.

Anstatt der mechanischen Raumkalibration wird be-  
vorzugt ein optisches Verfahren durchgeführt, bei dem  
zum Beispiel Lichtpunkte mit vorgegebener Lage in den  
Bildausschnitt beider Videokameras projiziert werden.  
Gegebenenfalls können die Kalibrationspunkte von der  
Projektionseinrichtung 8 über ein Spiegelsystem abge-  
leitet werden.

Abweichend von dem Ausführungsbeispiel, wo mit  
Hilfe der Projektionseinrichtung 8 eine Lichtspur mit  
einem Lichtstrahl 9 erzeugt wird, können auf dem Meß-  
objekt 2 auch mehrere Meßpunkte, zum Beispiel 2, 4, 8,  
16 usw. projiziert werden, die zusätzlich zueinander in  
einer bestimmten Konfiguration stehen können. Zusätz-  
lich kann sowohl die Anzahl der Lichtstrahlen 9 bzw. der  
damit projizierten Meßpunkte sowie deren Konfigura-  
tion in Funktion der Zeit variieren. Dabei können diese  
Meßpunkte auch über alle physikalischen Eigenschaften  
variiert werden, beispielsweise auch bezüglich ihrer  
Wellenlänge, wo Bereiche unter anderem von Infrarot  
bis Ultraviolett einsetzbar sind.

Auch die Punktgeometrie der Meßpunkte oder Licht-  
punkte kann beliebig gestaltet werden, wobei dies die  
relative und die absolute Größe und auch die Form  
betrifft. Außerdem können durch entsprechende mathe-  
matischen Programme die Mittelpunkte der Meßpunkte  
und dergleichen berechnet werden. Die vorerwähnte  
Maßnahmen können sowohl im Kombination als auch  
zyklisch in Funktion der Zeit angewendet werden.

Für die Videokameras 3 und 4 können verschiedene  
und auch unterschiedliche Kameratypen und je nach  
Anwendungsfall entsprechende Objektive verwendet  
werden. Dabei besteht auch die Möglichkeit, beliebige  
Kamerafrequenzen, auch untereinander, vorzusehen.

Auch können die Kameras beispielsweise an Mikro-  
skope angeschlossen sein, so daß auch sehr kleine Meß-  
objekte vermessen werden können. Auch Mittel der  
Glasfaseroptik/Glasfibrertechnik können hier mit einbe-  
zogen werden.

Außerdem besteht die Möglichkeit, den gesamten  
Meßvorgang über Spiegel umzulenken, das heißt, daß  
das Meßobjekt via Spiegel oder Spiegelsystem indirekt  
gesehen wird.

Erwähnt sei noch, daß auch eine Kombination mit  
Farberfassung möglich ist, wobei das Video die Farb-  
werte eines Punktes innerhalb des Kamerabildes  $K_1, K_2$   
ohnehin festhält, so daß es genügt, den vermessenen  
Punkt mit einer oder mehreren Aufnahmen vor oder  
nach der Punkterfassung, also zeitversetzt zu kombinie-  
ren, um die jeweiligen Raumkoordinaten  $x, y, z$  mit den  
elektronisch gespeicherten Farbwerten zu ergänzen.

Das Einlesen der Videokamerabilder  $K_1$  und  $K_2$  in  
den Computer 7 kann direkt ab Kamera als Onlinelö-  
sung erfolgen oder aber ab Videoband, beispielsweise,  
wenn der aufzunehmende Gegenstand an exponierter  
oder gefährlicher Stelle liegt, wie dies beispielsweise bei  
der Vermessung einer Höhlenkammer mit erschwerter  
Erreichbarkeit der Fall ist.

Viele Aufgabenstellungen lassen sich erst mit dem  
erfindungsgemäßen Verfahren realisieren. Beispielswei-  
se sei hier die Digitalisierung großer Skulpturen direkt  
auf dem Felde genannt.

Zwei Punkte seien an dieser Stelle nochmals hervor-  
gehoben:

durch die hohe Automatik wird das Verfahren sehr bil-  
lig, jedenfalls besteht kein Vergleich zu heutigen Metho-  
den und mit den zur Verfügung stehenden Rechnern  
kann das Verfahren stark ausgebaut werden, was so-  
wohl Spezialfälle als auch Verfahrensgeschwindigkeit

betrifft.

Nachfolgend wird noch kurz ein Anwendungsbeispiel umrissen, daß sich aber ohne weiteres auf die Architektur, Innearchitektur, Denkmalpflege, Inventarisierungen, Industrie und Fertigung, Verfahrenstechnik usw. übertragen läßt.

Auf einem archäologischen Grabungsfeld wird ein Nullpunkt definiert, der idealerweise auch auf das Landesnetz bezogen wird. Auf dem gerade aktuellen Grabungsabschnitt werden zwei Kameras gerichtet, der entsprechende Raum kalibriert und auf den Nullpunkt bezogen. Stetig oder periodisch erfaßt der Grabungstechniker oder Archäologe die Grabungsfläche dreidimensional zum Zwecke der Profilaufnahmen und der Festhaltung wo und in welcher Lage Fundobjekte hervorkommen. Wichtige Objekte erfaßt er vollständig, in dem er den Gegenstand heranzoomt. Die entfernten Fundobjekte können anschließend mit dem gleichen Equipment nun als ganzer Körper vermessen werden, beispielsweise ein wichtiger Knochen mit 30.000 Meßpunkten.

Mit den Möglichkeiten der Makroaufnahme und des Mikroskops können am Fundobjekt Kratzspuren ebenfalls erfaßt werden, was beispielsweise bei Steinwerkzeugen die Identifikation ermöglicht, wozu das Gerät verwendet wurde, beispielsweise Kratzer mit Seitenstriemen im Falle einer Schabertätigkeit auf Knochen.

Über den Nullpunkt sind alle Aufnahmen und Messungen untereinander verbunden und jederzeit kann der Archäologe im Büro Gesamtzusammenhänge per Computer erzeugen und entsprechende Spezialauswertungen vornehmen.

Unebene Profilflächen, was ohnehin den Regelfall darstellt, sind jetzt durchgehend korrekt und stetig echt dreidimensional erfaßt. Stratigraphische Zusammenhänge können nun zumindest ohne meßtechnische Schwierigkeiten eruiert und rekonstruiert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen und Vermessen dreidimensionaler Körper oder von beliebigen Flächen, wobei mittels wenigstens einer Kamera von unterschiedlichen Positionen aus zweidimensionale Bilder der zu vermessenden Oberfläche eines Körpers oder dergleichen Gegenstandes abgebildet werden und im Blickfeld der Flächenbilder befindliche Bezugspunkte ermittelt und abgespeichert werden, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes (2) eine für die Kamera sichtbare Lichtspur (10) oder Markierspur erzeugt wird und daß mittels wenigstens einer Videokamera (3, 4) die Licht- oder Markierspur (10) in eine Vielzahl von zeitlich aufeinanderfolgenden Meßpunkten (P) zerlegt wird, deren räumliche Lage unter Verwendung der bekannten Bezugsgrößen jeweils mittels Bilderkennung berechnet und ausgewertet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes die Lichtspur (10) vorzugsweise mittels eines Lasers projiziert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtspur mittels einer Lichtquelle, vzw. mittels wenigstens eines Lasers erzeugt wird und daß der oder die Lichtstrahlen hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaft, insbesondere bezüglich der Wellenlänge, der Intensität und derglei-

chen variabel sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes die Lichtspur mittels wenigstens einer an der Oberfläche entlang bewegten Punktlichtquelle erzeugt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung einer Licht- oder Punktspur (10) ein gegenständlicher, sichtbarer Punkt, der sich optisch von der Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes oder dergleichen unterscheidet, an der Oberfläche dieses zu erfassenden Gegenstandes entlang bewegt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung der Licht- oder Markierspur ein Negativpunkt mit Markierung oder Beleuchtung zumindest der unmittelbaren Umgebung der den jeweiligen Meßpunkt der Licht- oder Markierspur bildenden Stelle vorgesehen ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Licht- oder Markierspuren (10) gleichzeitig auf dem zu erfassenden Gegenstand (2) oder dergleichen erzeugt werden und daß gegebenenfalls deren Anzahl und/oder deren Konfiguration in Funktion der Zeit variiert werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß vor, während oder nach dem Meßvorgang mit jeweils dreidimensionaler Erfassung der Meßpunkte, mehrere im Bildausschnitt der Videokamera(s) (3, 4) befindliche, einander fest zugeordnete Kalibrationspunkte als Bezugspunkte abgebildet und deren Raumkoordinaten berechnet und abgespeichert werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Raumkalibration diskret in Zeitabständen oder stetig vorgenommen wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung zweier Videokameras (3, 4) die Videobilder (K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>) der beiden Videokameras etwa zeitgleich aufgezeichnet werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur Raumkalibration und zur Bildung der Kalibrationspunkte ein Kalibrationsgitter mit wenigstens sechs einander fest zugeordneten Kalibrationspunkten verwendet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zur Raumkalibration und zur Bildung der Kalibrationspunkte, mittels einer Optik systematisch Verzerrungen erzeugt werden und daß dann aus den bekannten optischen Parametern die Raumkoordinaten der Kalibrationspunkte errechnet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß zur Raumkalibration und zur Bildung der Kalibrationspunkte Lichtpunkte innerhalb des Blickfeldes der Videokameras projiziert werden, vorzugsweise aus der für die Lichtspur vorgesehenen Lichtquelle.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der abzubildende Gegenstand (2) mit wenigstens zwei zueinander beabstandeten Videokameras (3, 4), deren Punkt- und Raumkoordinaten bekannt oder berechenbar sind und die jeweils eine Entfernungsmessrichtung

aufweisen, erfaßt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassung der jeweiligen Bildkoordinaten der Kalibrationspunkte mittels Bilderkennung vorgenommen wird. 5

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise auf der Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes (2) ein Referenzpunkt als Bezugsund/oder Nullkoordinatenpunkt erzeugt wird. 10

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß den einzelnen Meßpunkten der am Meßobjekt in diesem Bereich vorhandene Farbwert zugeordnet wird und daß dies vorzugsweise zeitversetzt zum Meßvorgang der Koordinaten vorgenommen wird. 15

18. Vorrichtung zum Vermessen und Erfassen der Oberfläche eines Körpers oder dergleichen Gegenstandes mittels wenigstens einer Kamera zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (8) zum Projizieren oder Erzeugen wenigstens eines Lichtpunktes (P) oder zum Erzeugen wenigstens eines markanten Punktes auf der Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes (2) und zum Bewegen dieses Lichtpunktes oder des markanten Punktes zur Erzeugung einer Lichtspur oder Markierspur vorgesehen ist, daß wenigstens eine Videokamera (3, 4) zum Zerlegen der Licht- oder Markierspur in eine Vielzahl von zeitlich aufeinanderfolgenden Meßpunkten (P) vorgesehen ist und daß die Videokamera(s) (3, 4) mit einer Bildauswerteeinrichtung (7) zur Auswertung und Berechnung der Raumkoordinaten der erzeugten Meßpunkte auf der Oberfläche des zu erfassenden Gegenstandes (2) verbunden sind. 20  
25  
30  
35

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß sie wenigstens zwei zueinander beabstandete Videokameras (3, 4) aufweist und daß beide Videokameras mit der Bildauswerteeinrichtung (7) verbunden sind. 40

20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Videokamera und einen Theodoliten oder dergleichen Richtungsmesser aufweist und daß die Videokamera mit einer Bildauswerteeinrichtung verbunden ist. 45

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

